

***Е. В. Иванов\*, Н. И. Загорская, Н. Н. Загиров, Ю. Н. Логинов***

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

*\*kafomd\_1@mail.ru*

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ СЫПУЧЕЙ СТРУЖКИ СПЛАВА АД31, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИРОВАННОГО СПОСОБА ДИСКРЕТНОЙ ЭКСТРУЗИИ**

Предложена технологическая схема и представлены результаты экспериментальной работы по получению прутков и проволоки из сыпучих стружковых отходов сплава системы алюминий–магний–кремний. Выявлена зависимость, отражающая уровень механических свойств полуфабрикатов после осуществления процессов горячей экструзии и холодного волочения с разной величиной накопленной степени деформации.

*Ключевые слова:* сыпучие стружковые отходы, алюминиевый сплав, брикетирование, экструзия, волочение, пруток, проволока, механические свойства.

***E. V. Ivanov, N. I. Zagorskaya, N. N. Zagirov, Yu. N. Loginov***

## **MECHANICAL PROPERTIES OF SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM LOOSE CHIPS OF ALLOY AD31, OBTAINED USING ADAPTED METHOD OF DISCRETE EXTRUSION**

Technological scheme proposed and experimental work results presented of obtaining rods and wire from free flowing chip waste of alloy system Al–Mg–Si. Dependence revealed that reflecting the level of mechanical properties of semi-finished products after implementation of hot extrusion process and cold drawing with varying degrees of accumulated strain value.

*Keywords:* free flowing chip waste, aluminium alloys, briquetting, extrusion, drawing, rod, wire, mechanical properties.

Ранее в работах [1, 2] отмечалось, что основными этапами технологического процесса изготовления прутково-проволочной продукции из сыпучих отходов цветных металлов вообще, и алюминиевых сплавов в частности, являются сбор и подготовка исходного стружкового сырья, компактирование его в брикеты, последующие высокотемпературная и холодная обработка. При этом ключевыми факторами, от которых зависит достижение необходимого уровня технико-

экономических показателей, являются условия осуществления операций брикетирования и экструзии.

Для обеспечения относительно высокого показателя по выходу годного экструзии желательно подвергать заготовки-брикеты с соотношением высоты к диаметру не ниже 1. Вместе с тем, специфика осуществления чаще всего используемой в этом случае операции одностороннего холодного брикетирования сыпучей массы в закрытой (жесткой) пресс-форме такова, что при увеличении одновременно засыпаемой в контейнер массы стружки вблизи неподвижного пуансона возможно образование так называемой недеформируемой зоны [3, 4]. Высота ее зависит от ряда факторов, таких как упругие и пластические свойства материала стружки, осевое давление, условия трения на поверхности контейнера и др. В результате формируемые из стружки брикеты, с точки зрения обеспечения определенных требований по равноплотности и устойчивости к внешним воздействиям, имеют, как правило, небольшую высоту и малоэффективны как заготовки под последующую горячую экструзию.

Выходом из сложившейся ситуации может служить составление из нескольких низковысотных брикетов наборной заготовки, общая высота которой определяется длиной рабочей зоны контейнера и силовыми параметрами используемого для брикетирования оборудования. При этом плотность отдельных брикетов не должна быть слишком большой, чтобы исключить образование ярко выраженных границ между ними. А для этого предварительное компактирование можно проводить в холодную при умеренных значениях давления брикетирования.

В работе данный подход был опробован применительно к переработке сыпучей стружки (опилок) из сплава АД31, образующейся при резке пресованных профилей на мерные длины. Для удаления следов СОЖ стружка предварительно была промыта в содовом растворе. Масса насыпки стружки при получении отдельных брикетов составляла порядка 60 г. Давление брикетирования принималось равным 120 МПа. Высота брикетов составляла 18–20 мм, диаметр – 40 мм, средняя плотность – 2,2–2,3 г/см<sup>3</sup>, что соответствовало относительной плотности 80–85 %. Число составляющих заготовку брикетов равнялось 5.

Наборную заготовку размещали внутри рабочей втулки пресс-формы, используемой для осуществления горячей экструзии. Далее пресс-форму нагревали до 450 °С, после чего производили выдавливание прутка Ø6 мм прямым методом через коническую матрицу. В результате длина пресс-изделия без каких-либо следов нарушения устойчивого течения составила более 3 м. После экструзии от полученного прутка в трех местах по длине приблизительно на равном расстоянии друг от друга отбиралось по 3 фрагмента, из которых вытачивались образцы на растяжение.

Следующим технологическим переделом являлось волочение разделенного на три части прутка  $\varnothing 6$  мм до получения конечной проволоки  $\varnothing 3$  мм, которое осуществлялось на цепном волочильном стане усилием 50 кН со средним единичным обжатием 10–15 %. Предварительный и промежуточные отжиги при этом не были предусмотрены. Ход волочения показал, что каждый из трех фрагментов, соответствующий определенному месту по длине отпрессованного прутка, деформируется по принятому маршруту без обрывов, что свидетельствует об отсутствии в прутке гипотетически возможных мест стыка.

Для отслеживания изменения механических характеристик проволоки в ходе волочения на отдельных диаметрах, опять же вдоль всей длины, осуществлялся отбор соответствующих образцов (по 3 шт. на каждый диаметр). Сообщаемая проволоке к этому моменту величина деформации оценивалась показателем:

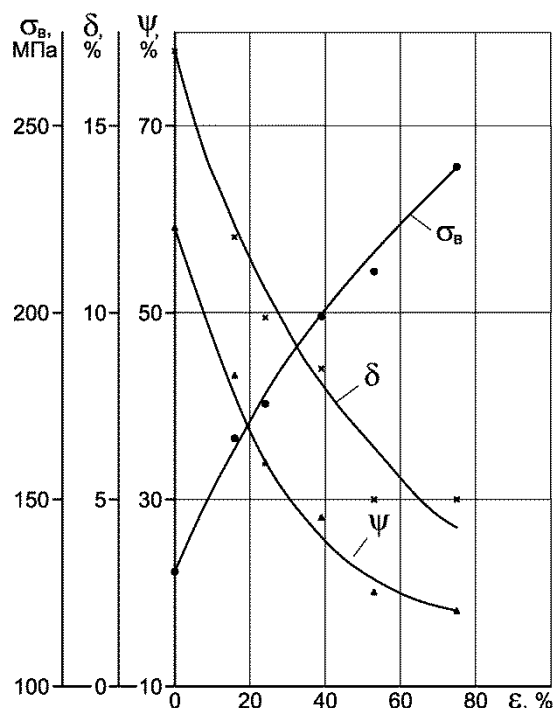
$$\varepsilon = \frac{d_0^2 - d^2}{d_0^2} \cdot 100\%$$

где  $d_0$  – диаметр прутка после горячей экструзии;  $d$  – диаметр проволоки после соответствующего перехода волочения.

Определение временного сопротивления разрыву  $\sigma_b$ , относительного удлинения  $\delta$  и относительного сужения  $\psi$  осуществлялось путем растяжения либо специально выточенных гантелеобразных образцов, либо просто фрагментов проволоки на универсальной испытательной машине LFM-10. Результаты испытаний образцов на разрыв представлены на рисунке.

Анализируя зависимости, представленные на рисунке, можно сделать определенные выводы о поэтапном характере изменения уровня прочностных ( $\sigma_b$ ) и пластических ( $\delta$ ,  $\psi$ ) свойств прутково-проволочной продукции, получаемой из стружки сплава АД31 по предлагаемой в работе технологической схеме.

Отдельными специфическими значками на графиках нанесены экспериментальные точки, соответствующие средним значениям указанных показателей для нескольких испытанных образцов, отобранных из разных мест по длине. При этом четких закономерностей, отражающих характерное изменение свойств как горячепрессованного прутка, так и холоднотянутой проволоки, вдоль их длины выявлено не было. Это говорит о том, что механические свойства по длине полученных полуфабрикатов распределены достаточно равномерно.



Изменение механических характеристик прутков и проволоки из холоднобрикетированной стружки сплава АД31 после горячей экструзии ( $\varepsilon = 0$ ) и холодного волочения с разной величиной суммарного относительного обжатия

## ЛИТЕРАТУРА

1. Загиров Н. Н., Логинов Ю. Н. Технологические основы получения материалов и изделий из сыпучих стружковых отходов меди и ее сплавов методами обработки давлением: монография. Красноярск, 2015. 171 с.
2. Загиров Н. Н., Ковалева А. А., Аникина В. И. Анализ формирования структурных зон в стружковом материале из сплава АД31, полученного обработкой давлением // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2014. Т.3, № 7. С. 304–309.
3. Логинов Ю.Н. Оценка влияния технологических параметров на величину недеформируемой зоны при прессовании пористой заготовки в контейнере // Известия вузов. Черная металлургия. 2001. № 11. С.27–30.
4. Логинов Ю.Н., Богатов А.А., Загиров Н.Н. Экспериментальное исследование уплотнения пористой заготовки при ее скручивании в контейнере // Известия вузов. Машиностроение. 1988. № 6. С. 98–101.